

Énergie & pompe à chaleur

Auteur : Denis Burger
Modification : 18 novembre 2010

Sommaire

1. SOURCES D'ENERGIE POUR LE CHAUFFAGE	2
1. COMPTAGE DE L'ENERGIE	2
2. LES ENERGIES UTILISEES DANS LE CHAUFFAGE :	2
3. ÉNERGIE « CACHEE », ENERGIE GRISE.....	4
2. LA POMPE A CHALEUR.....	5
1. INTRODUCTION.....	5
2. OU RECUPERER LA CHALEUR ?.....	5
3. COMMENT RECUPERER LA CHALEUR ?	6
4. COMMENT DEPLACER LA CHALEUR ?	7
5. COMMENT RESTITUER LA CHALEUR ?	8
6. COMMENT FERMER LE CYCLE ?	9
7. LE COEFFICIENT DE PERFORMANCE	9
8. BILAN GLOBAL.....	9

1. Sources d'énergie pour le chauffage

1. Comptage de l'énergie

Si nous regardons une facture de fourniture d'électricité, nous remarquons que la facturation se fait par kWh : le kilowattheure représente une énergie qui correspond à ce que développe une puissance de 1 kW durant 1 heure de fonctionnement.

Un fer à repasser de 1200W qui fonctionne pendant une heure nécessite une énergie de 1,2 kW pendant 1 heure, soit $1,2\text{kW} \times 1\text{h}$ ou 1,2 kWh

Un ordinateur de 300 W qui fonctionne pendant 4 heures utilise une énergie de 0,3kW pendant 4 heures, soit $0,3\text{kW} \times 4\text{h}$ ou 1,2 kWh.

Remarquons que $1\text{ kW} \times 1\text{h} = 1000\text{ W} \times 3600\text{ s} = 3,6 \cdot 10^6\text{ J}$ soit 3,6 MJ (méga Joule)

Le kWh est très pratique d'utilisation pour l'énergie électrique, il est aussi utilisé pour comptabiliser l'énergie qui est consommée dans le bâtiment.

Une grandeur caractéristique du bâtiment est sa surface au sol : le calcul de la consommation annuelle ramenée au m^2 de surface permet de comparer les performances énergétiques des bâtiments entre eux.

2. Les énergies utilisées dans le chauffage :

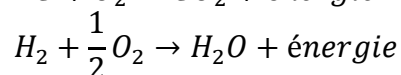
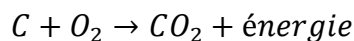
Aujourd'hui, la distinction se fera entre énergies traditionnelles non renouvelables et énergies renouvelables, entre énergies propres et énergies plus polluantes.

La chaleur est la forme la plus dégradée de l'énergie, l'énergie électrique peut être dégradée en chaleur par effet Joule lorsqu'elle parcourt une résistance.

L'énergie mécanique est dégradée en chaleur par frottement, lors du freinage par exemple.

La combustion est une réaction chimique particulière car lors de la réaction chimique on observe un dégagement de chaleur.

Le combustible réagit avec l'oxygène de l'air pour le transformer en gaz carbonique et en vapeur d'eau.



Les combustibles utilisés pour la production de chaleur, le bois, le fioul, le charbon, le gaz sont des éléments qui contiennent du carbone, de l'hydrogène, parfois de l'oxygène. Ces corps ne sont pas nécessairement purs, ils peuvent contenir du soufre ou d'autres impuretés.

La combustion n'est pas parfaite : elle peut être incomplète, il peut y avoir formation de suie, de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote.

Un litre de fioul domestique (FOD) contient environ 10kWh d'énergie par litre (PCI ; Pouvoir Calorifique Inférieur), 11 si l'on arrive à condenser la vapeur d'eau (PCS ; Pouvoir Calorifique Supérieur).

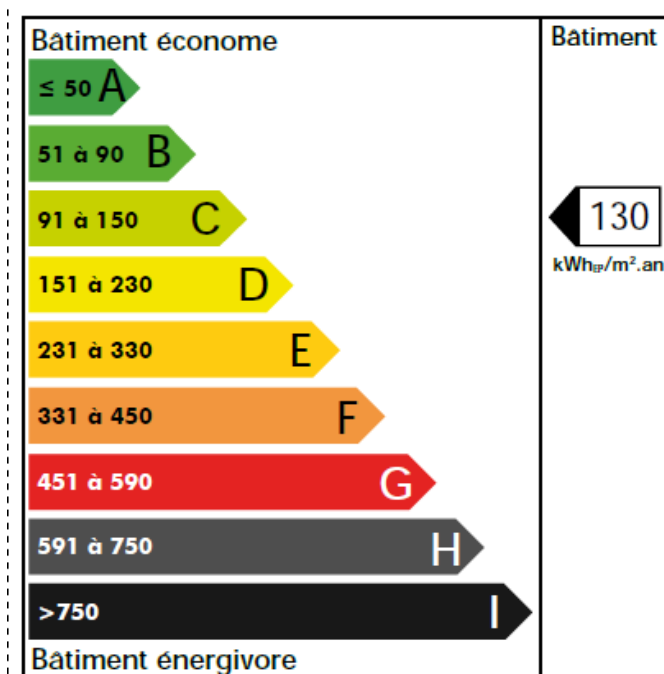
Source	Référence	PCI	Rapport PCS/PCI	Pollution CO2 / kWh PCI	Facteur Équivalent GES / kWhPCI énergie finale
Fioul domestique	1 litre	9,97 kWh	1,075	271 g	0,300
Gaz naturel	1 m ³	11,628	1,111	206	0,234
Charbon			1,052	343	
Bois	1 stère (sec)	1680 kWh			0,013
Électricité NR	1 kWh	2,58 après conversion			0,084
Électricité R	1 kWh				0

Une question se pose : que se passe-t-il si nous utilisons du gaz comme source d'énergie, que ce gaz est utilisé dans une centrale thermique pour fabriquer de l'électricité, que cette électricité est ensuite distribuée sur le réseau avant d'être dégradée en chaleur par effet joule ?

Il est certain que ce procédé engendre des pertes par rapport à une utilisation directe par combustion du gaz dans une chaudière.

D'un point de vue global, la réglementation apporte une réponse par la mise en place d'un coefficient caractéristique qui permet de déterminer l'équivalent de la chaleur consommée en énergie primaire, et ce, pour chaque source d'énergie.

Nous avons défini la consommation en kWh/m² au paragraphe précédent, cette valeur doit maintenant être transformée en équivalent en énergie primaire pour permettre une comparaison réelle entre deux bâtiments. Cette valeur, par rapport à une échelle, conduira à définir la classe de consommation énergétique du bâtiment.



3. Énergie « cachée », énergie grise

Dans le bâtiment, on ne peut plus se contenter de faire le bilan de l'énergie consommée pendant le fonctionnement du bâtiment, il est nécessaire de se poser la question de l'énergie qui est consommée lors de la fabrication des matériaux, voire lors de la construction.

Énergie grise et de construction
Coefficient selon les pays

MATÉRIAU	Énergie grise en MWh/m ³
Matériau bois	0,1 à 0,6
Béton cellulaire	0,54
Bloc de béton	0,7
Polystyrène expansé	0,850
Brique pleine	1,2
Béton armé	1,85
Acier recyclé	24
Acier primaire	52

*Tableau énergie grise de matériaux de construction courants, données extrait de Wikipédia
1 MWh (méga Watt heure) = 1000 kWh*

Remarquons qu'un isolant qui permet de réduire l'énergie consommée dans un bâtiment demande lui-même une certaine quantité d'énergie pour sa production. Une réflexion globale au niveau de la conception du bâtiment est nécessaire : il faut un certain temps pour que le surcoût en énergie induit par une épaisseur d'isolant supplémentaire soit compté.

2. La pompe à chaleur

1. Introduction

Il faut commencer par expliciter le terme « pompe à chaleur ».

Si vous habitez en montagne et que vous voulez utiliser l'eau provenant d'un réservoir ; celui-ci doit se trouver plus haut que votre maison pour que vous puissiez l'utiliser. Dans le cas contraire, il faut la remonter avec une pompe.

Pour la chaleur, c'est la même chose. Si la chaleur est à une température plus basse que l'ambiance désirée, vous ne pouvez plus l'utiliser. Il faut « remonter » la température de cette chaleur, pour la rendre utilisable. C'est la pompe à chaleur qui réalise cette action.

2. Où récupérer la chaleur ?

Exemple : PAC avec sonde géothermique

Figure 1: Sondes géothermiques

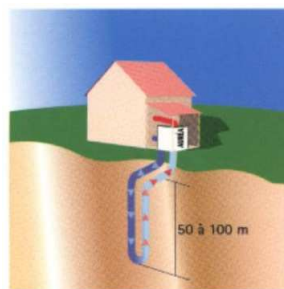


Figure 2: PAC Eau/Eau
INSA de Strasbourg



Figure 3: Collecteur
INSA Strasbourg

Idéal pour les maisons avec une charge thermique importante et construite sur des petits terrains

Le fluide caloporteur qui circule dans les tubes est de l'eau glycolée : Ceci est de l'eau normale de réseau à laquelle on a ajouté un % de glycol, par exemple 20% afin que cette eau ne puisse pas geler.

3. Comment récupérer la chaleur ?

La chaleur passe naturellement du milieu chaud vers le milieu froid. Prendre de la chaleur est toujours possible : le problème est le niveau de température auquel ce transfert est réalisable. Comment « pomper la chaleur », prendre de la chaleur à la source froide ?

Il faut que la source froide soit plus chaude que le fluide frigorigène et ainsi le fluide peut être réchauffé. Le rôle de « l'évaporateur » sera de récupérer de la chaleur à la source froide.

L'évaporation

Pour se vaporiser, l'eau a besoin d'énergie (de chaleur). Le corps qui change d'état reste toujours à température constante bien qu'il absorbe de la chaleur.

Ainsi, nous allons stocker plus d'énergie dans le fluide frigorigène en le faisant changer d'état. Nous savons que la température de vaporisation est fonction de la pression. Pour un fluide frigorigène couramment utilisé, le R407C, voici la correspondance pression en fonction de la température pour le changement de l'état liquide à l'état vapeur.

Exemple pour une évaporation à -20°C , il faut une pression de 2,8 [bar]

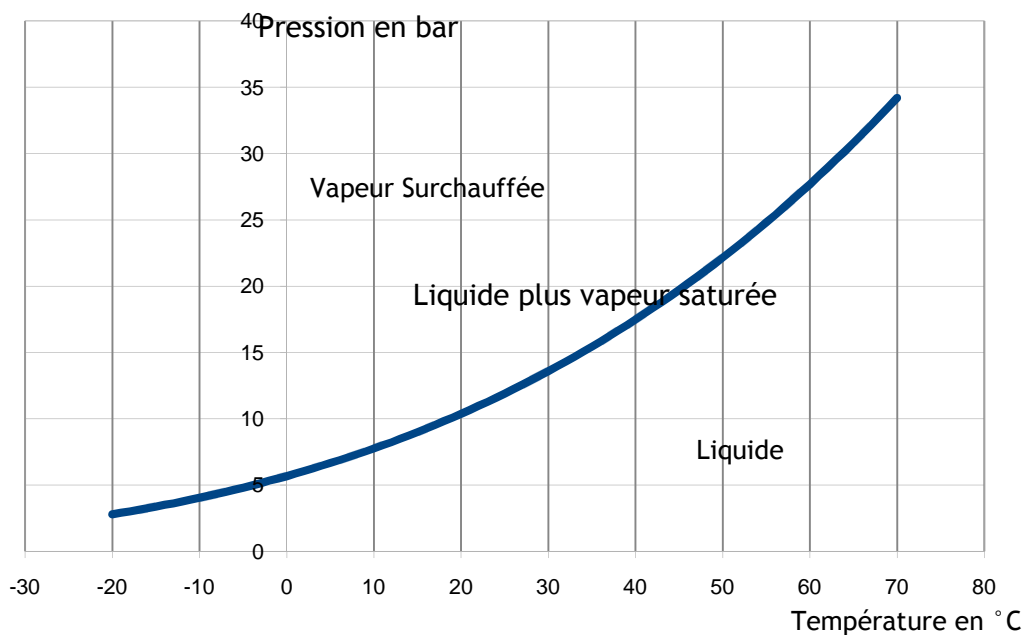
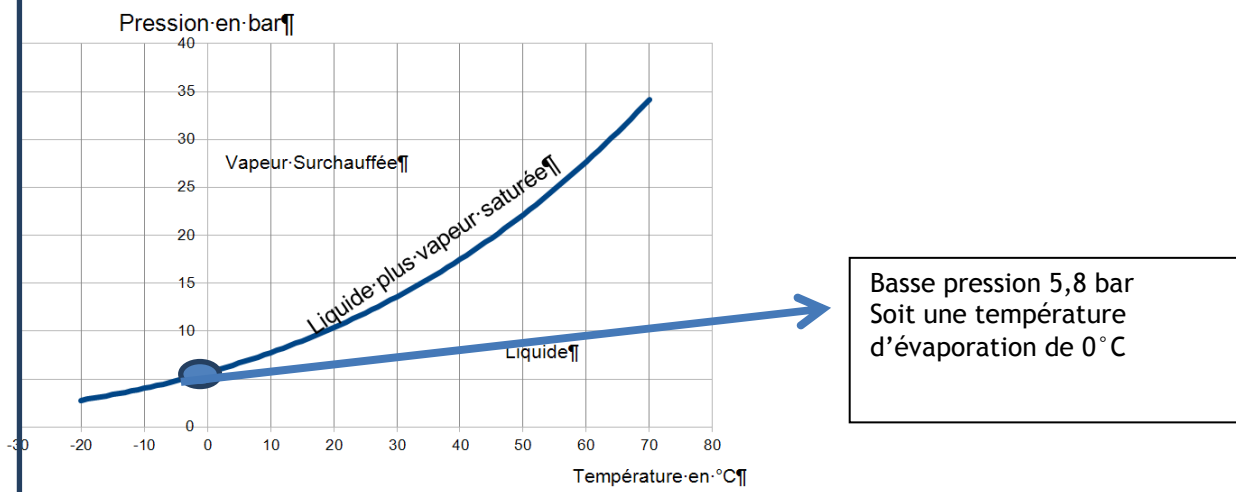
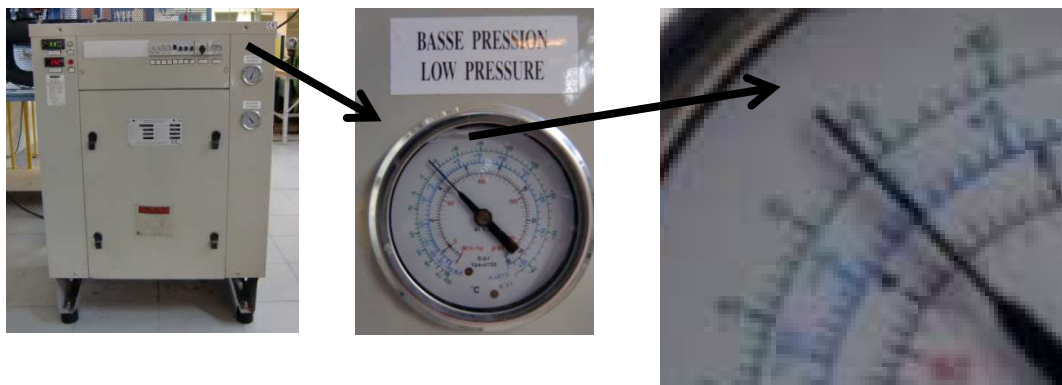


Figure 4: pression d'évaporation du R407C



4. Comment déplacer la chaleur ?

Pour augmenter le niveau de pression de la vapeur (une vapeur de fluide frigorigène) il faut la comprimer avec un compresseur. Vous fournissez du travail à la vapeur. Vous allez fournir ce travail jusqu'à obtenir la pression souhaitée (et donc la température).

Cette pression doit correspondre à une température plus élevée que votre température nécessaire pour le chauffage. (Encore une fois : La chaleur passe naturellement du milieu chaud vers le milieu froid).

Il est le seul élément à consommer de l'énergie, le plus souvent de l'énergie électrique.

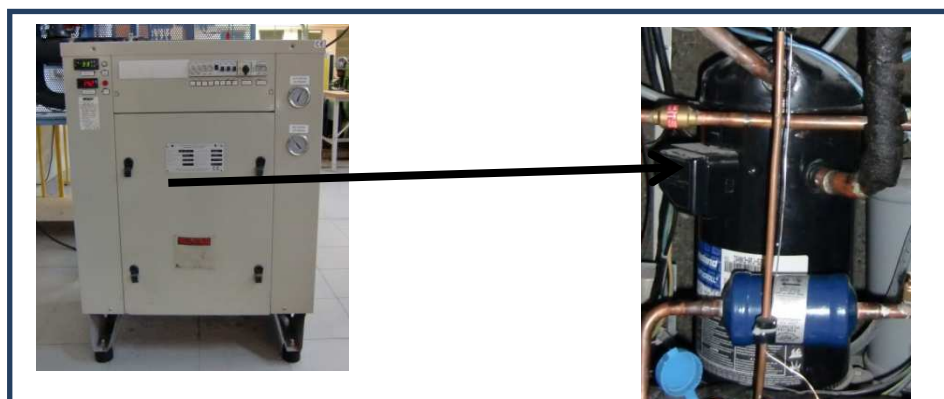


Figure 6: le compresseur

5. Comment restituer la chaleur ?

Il faut échanger la chaleur du fluide frigorigène au médium chaud (l'eau du circuit de chauffage ou directement l'air du local à chauffer). C'est le rôle du « condenseur ».

Pour condenser le fluide frigorigène de l'état vapeur à l'état liquide, il faut lui prendre de la chaleur (vouloir abaisser la température). Nous allons condenser totalement le fluide frigorigène pour récupérer un maximum de chaleur (la chaleur latente), opération inverse de celle de l'évaporateur.

Formulé autrement pour condenser la vapeur d'eau, il faut lui prendre de l'énergie (vouloir abaisser la température).

Exemple pour le R407C la condensation se produit à environ à 27 bar pour 60°C

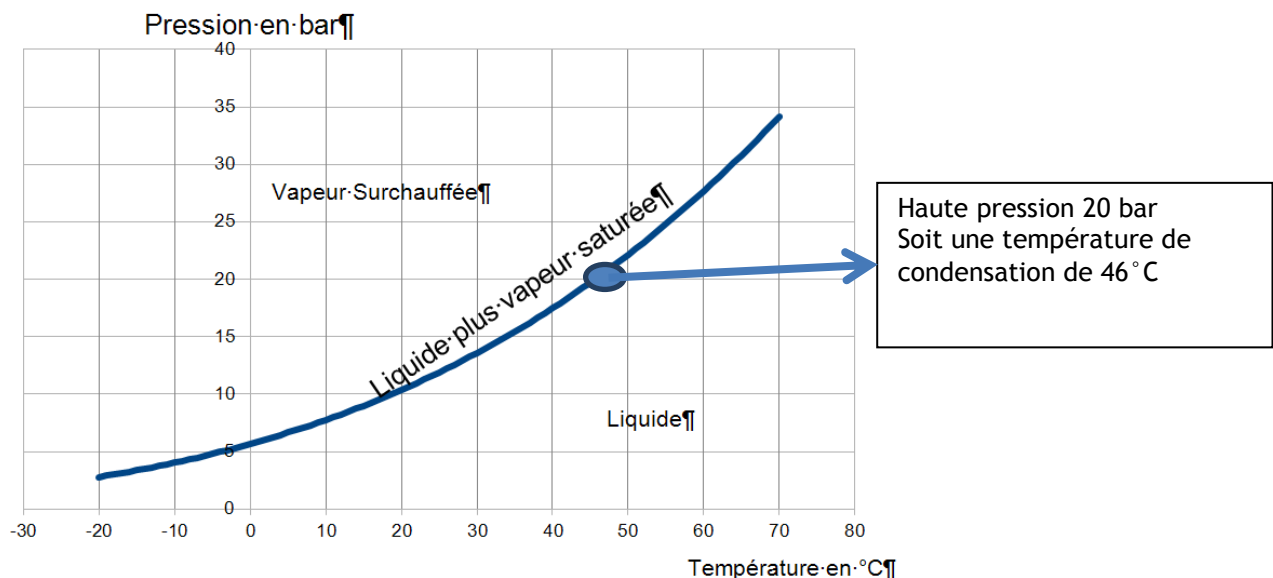


Figure 7: Pac eau/eau manomètre BP

6. Comment fermer le cycle ?

Comme il est impensable de laisser échapper le fluide frigorigène à l'air une fois l'échange effectué (les fluides frigorigènes sont dans l'ensemble de puissants gaz à effet de serre, coût,...) il faut trouver une solution pour le remettre dans l'état initial.

C'est le rôle du détendeur qui va réduire le niveau de pression du liquide pour le ramener à la basse pression.

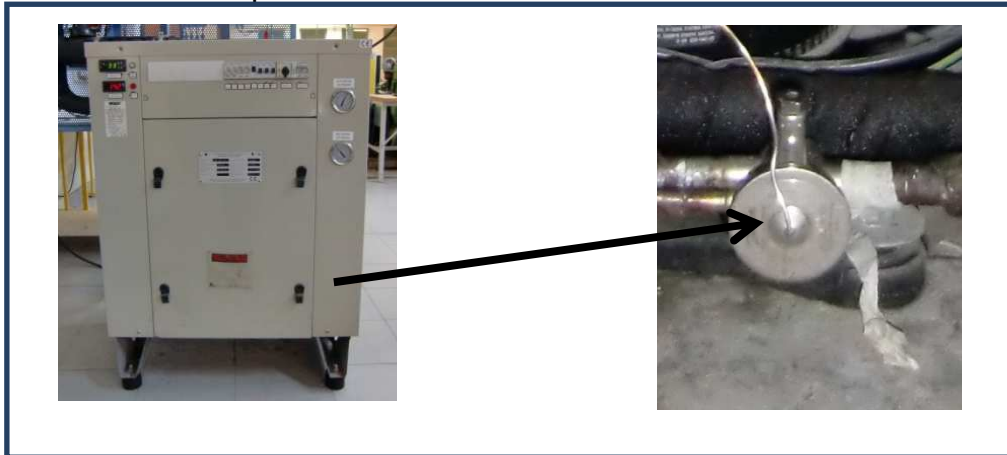


Figure 8: Pac eau/eau manomètre

7. Le coefficient de performance

$$COP = \frac{\text{énergie évacuée au condenseur}}{\text{énergie nécessaire pour comprimer le fluide frigorigère}}$$

Une pompe à chaleur (PAC) de COP égal à 4 permet, en utilisant une énergie de 1 kWh, de transférer 4 kWh à la source chaude.

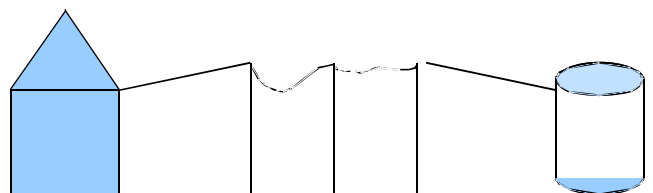
La pompe à chaleur échange de la chaleur avec une source froide.

8. Bilan global

Nous utilisons un coefficient de conversion entre l'énergie primaire et l'énergie électrique. Ce coefficient en France est de 2.58

Si vous consommez 1 [kWh] dans votre maison et que vous payez le même [kWh] La centrale produit 2.58 [kWh].

Ceci conduit, par arrêté, à imposer des performances minimums des « pompes à chaleur »



1 kW facturé

2,58 kW produit à la centrale